الذاكرة الأفتراضية
Virtual Memory

قبل عدة سنوات واجهت مستخدمي الحاسوب مشكلة في البرامج تتمثل في أحتياج البرنامج الي مساحة تخزينية أكبر من المساحة المتاحة .

وكان الحل هو تجزئة البرنامج من قبل المبرمج الي أجزاء تسمي بالطبقات بحيث تبدأ التنفيذ من الطبقة الأولي أولاً وعندما تنتهي تستدعي طبقة أخري ويتم المبادلة بينهما الي داخل و خارج الذاكرة من قبل نظام التشغيل حسب الحاجة .

ولكن ظهرت بعض المشاكل عندما يكون البرنامج كبير بحيث تكون عملية تجزئة من قبل المبرمج عملية مملة وتستهلك وقت طويل ، لذلك دي الأمر الي التفكير الي وسيلة لرمي العمل كلة علي عاتق الحاسب .

ولم يمضي وقت طويل حتي أخترع Foheringham عام ١٩٦١م طريقة لرمي العمل كلة علي عاتق الحاسب والتي سميت بالذاكرة الأفتراضية Virtual Memory

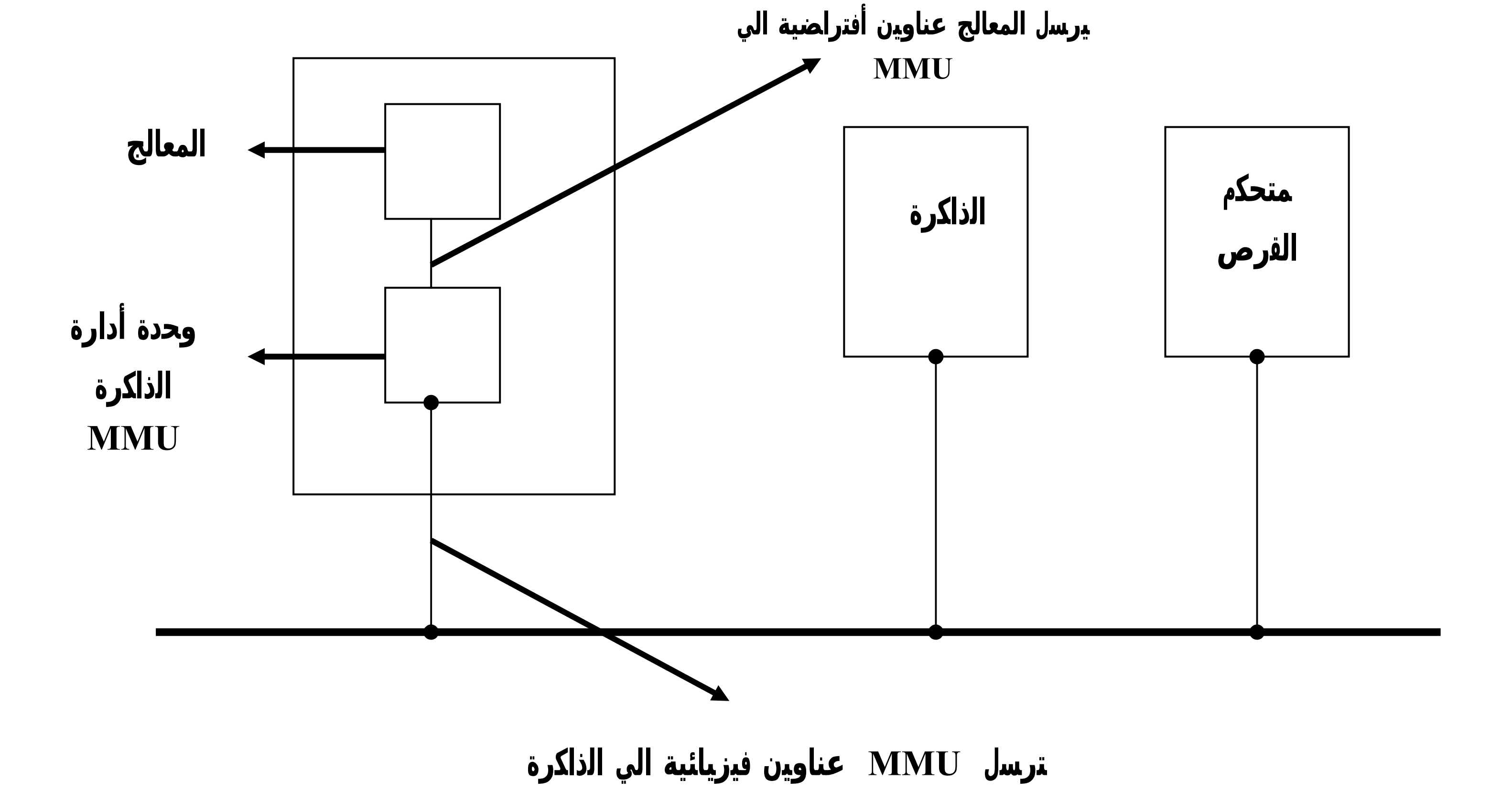
والفكرة الأساسية لهذه الطريقة هي أن الحجم الكامل للبرنامج (بيانات + مكدسة) قد يزيد عن حجم الذاكرة المتوفرة ، بحيث يحتفظ نظام التشغيل بإجزاء البرنامج المستخدمة حالياً في الذاكرة الرئيسية ويترك باقي البرنامج في القرص .

فمثلاً يمكن تشغيل برنامج بحجم 32MB علي جهاز به ذاكرة 8MB بأختيار 8MB المراد تنفيذها الأن كي تبقي في الذاكرة ومبادلة أجزاء البرنامج بين القرص والذاكرة حسب الحاجة .

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

التصفيح

تستخدم معظم أنظمة الذاكرة الأفتراضية تقنية تسمي التصفيح PAGING
وهي أمكانية توليد عناوين أفتراضية للذاكرة أكبر من العناوين الحقيقة بحيث يتم بعد ذلك
بتحويل العناوين الأفتراضية الي عناوين حقيقة بواسطة وحدة أدارة الذاكرة MMU
Memory Management Unit



أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

يتم تقسيم العناوين الأفتراضية الي وحدات تسمي بالصفحات Pages حسب طول العناوين الأفتراضية المولده من قبل المعالج بينما تسمي الوحدات المقابلة لهذه الصفحات في الذاكرة الفيزيائية بأطارات الصفحات Page Frames

فمثلاً أذا كان لدينا ذاكرة فيزيائية بحجم 32KB وكان المعالج يولد عناوين أفتراضية بحجم 64KB يكون لدينا 16 صفحة أفتراضية ويقابلها 8 أطارات صفحات .

60K --- 64K	X
56K --- 60K	X
52K --- 56K	X
48K --- 52K	X
44K --- 48K	7
40K --- 44K	X
36K --- 40K	5
32K --- 36K	X
28K --- 32K	X
24K --- 28K	X
20K --- 24K	3
16K --- 20K	4
12K --- 16K	0
8K --- 12K	6
4k --- 8K	1
0k --- 4K	2

7	28k --- 32K
6	24k --- 28K
5	20k --- 24K
4	16k --- 20K
3	12k --- 16K
2	8k --- 12K
1	4k --- 8K
0	0k --- 4K

عناوين الذاكرة الفيزيائية

الشكل أعلاه يوضح العلاقة بين العناوين الأفتراضية والعناوين الفيزيائية بواسطة جدول الصفحات

بهذه الطريقة نكون قد قمنا بحل المشكلة السابقة ، ولكن ربما تظهر مشكلة أخري وهـي إذا حاولت عملية استخدام صفحة غير موجودة أي ليس لها إطار صفحة

(في الشكل أعلاه الصفحات الموضحة بعلامة X ليس لها ذاكرة مقابلة)

وهذا يؤدي إلي ما يسمي بخطأ الصفحة Page Fault وعلي سبيل المثال إذا قامت عملية باستخدام العنوان الافتراضي ٣٢٧٨٠ والذي يقع في الـصفحة الافتراضـية ٨ وتلاحظ وحدة إدارة الذاكرة أن هذه الصفحة ليس لها إطار، يؤدي ذلك إلي جعـل المعـالج ينتقل إلي نظام التشغيل والذي بدورة يقوم باختيار إطار صفحة قليـل الاسـتخدام ويكتـب محتوياتها في القرص، ثم يأتي بالصفحة التي أشارت إليها العملية ويضعها في إطار الصفحة التي تم نقل محتوياتها إلي القرص ، ثم بعد ذلك يقوم بتعديل خارطة MMU ويعيـد تنفيـذ العملية التي تسببت بالخطأ .

فمثلاً يقرر نظام التشغيل بتحرير الإطار رقم ١ فينقل محتوياته إلي القرص ويقوم باستبدال الإشارة X الموجودة بالصفحة رقم ٨ بالقيمة ١ التي تشير إلي رقم إطار الصفحة وتحرير الصفحة الافتراضية التي كانت تحمل القيمة ١ بالإشارة X .

الآن سوف نتطرق لشرح الطريقة التي تستخدمها وحدة إدارة الذاكرة لتحويل العنوان الافتراضي إلي عنوان فيزيائي، أولاً تقومMMU بتحويل العنوان الافتراضي العشري إلي عنوان افتراضي ثنائي بطول ١٦ بت، ثانياً يقسم العنوان الافتراضي الوارد ذو ١٦ بت إلي رقم الصفحة بطول ٤ بت وإزاحة بطول ١٢بت وعن طريق رقم الصفحة يمكن معرفة رقم إطار الصفحة المقابلة للصفحة الافتراضية المحددة فمثلاً إذا قام المعالج بتوليد العنوان الافتراضي ٨١٩٦ ومرره إلي وحدة إدارة الذاكرة تقومMMU بتحويل هذا العنوان إلي السلسة الثنائية المقابلة وهي ٠٠١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٠٠

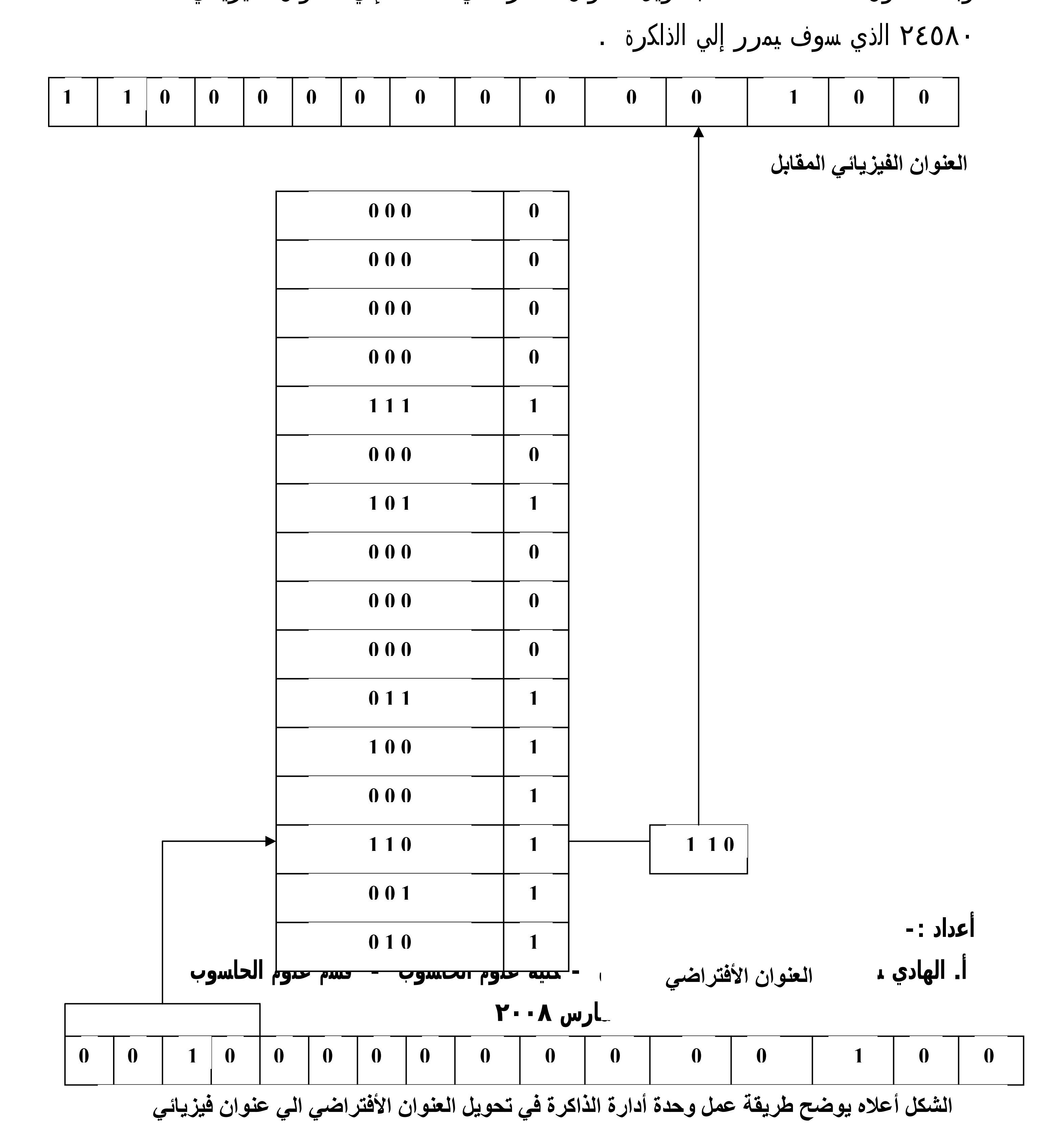
ثم يقسم هذه السلسة إلي ٤ بت تمثل رقم الصفحة الافتراضية و ١٢ بت تمثل الإزاحة فتكون رقم الصفحة الافتراضية المقابلة للعنوان الافتراضي هي ٠٠١٠ والتي تمثل الرقم ٢ فتنظر

أعداد :-

أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب

مارس ٢٠٠٨

وحدة إدارة الذاكرة داخل الصفحة الافتراضية رقم ٢ لمعرفة رقم أطار الصفحة وليكن ١١٠ ثم تضيف هذه السلسلة إلي سلسلة الإزاحة فيصبح العنوان الجديد هو ١١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٠٠ والذي يقابل الرقم ٢٤٥٨٠ عشرياً وهو يمثل العنوان الفيزيائي وبذلك تكون MMU قد قامت بتحويل العنوان الافتراضي ٨١٩٦ إلي العنوان الفيزيائي ٢٤٥٨٠ الذي سوف يمرر إلي الذاكرة .



أعداد :-
أ. الهادي
كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
ارس ٢٠٠٨

الشكل أعلاه يوضح طريقة عمل وحدة أدارة الذاكرة في تحويل العنوان الأفتراضي الي عنوان فيزيائي

بعض خوارزميات استبدال الصفحات

عند حدوث خطأ الصفحةPage Fault يقوم نظام التشغيل باختيار صفحة لأزالتهـا مـن الذاكرة لإتاحة المجال للصفحة التي ستجلب إلي الذاكرة.
علي الرقم من أن اختيار الصفحة يمكن أن يكون عـشوائياً، إلا أن أداء النظـام يمكـن أن يتحسن كثيراً إذا تم اختيار صفحة قليلة الاستخدام من إن نقوم بإزالة صفحة كثيرة الاستخدام لأنها سوف تجلب مره أخري إلي الذاكرة خلال فترة قصيرة مما يؤدي إلي عبء أضافي.
لذاك كانت هنالك الكثير من الدراسات التي أجريت في مجال خوارزميات استبدال الصفحات من الناجيتين العملية والنظرية وسوف نقوم بشرح بعض الخوارزميات الأكثر أهمية ومنها

١) خوارزمية استبدال الصفحة المثلي

فكرة هذه الخوارزمية تتمثل في الأتي، عند لحظة حدوث خطأ الصفحة يقـوم نظـام التشغيل بوضع لافتة علي كل صفحة تدل علي أن هذه الصفحة سوف يتم اسـتخدامها بعـد N تعليمة ثم بعد ذلك يختار نظام التشغيل الصفحة ذات الأفته الأعلى لإزالتها.
فمثلاً إذا كان لدينا صفحة لن تستخدم قبل ٥٠٠ تعليمة وصفحة أخري لن تستخدم قبل ٢٠٠ تعليمة فأن إزالة الصفحة الأولي سوف تؤخر حدوث خطأ الصفحة.
من عيوب هذه الخوارزمية أنها نظرية وليست عملية أي أنها مستحيلة التنفيذ لان عند حدوث خطأ الصفحة لا يملك نظام التشغيل أي طريقة لمعرفة متي سيشار إلي كل صفحة مستقبلاً.

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

٢) خوارزمية استبدال الصفحة الداخله أولاً تخرج أولاً
(First In First Out) FIFO

من الاسم يتضح فكرة الخوارزمية والتي تتمثل في أن ينظم نظام التشغيل قائمة متصلة من جميع الصفحات بحيث تكون في رأس القائمة الصفحة الأقدم من حيث الاستخدام وفي ذيل القائمة الصفحة الأحدث وعند حدوث خطأ الصفحة يقوم نظام التشغيل بإزالة الصفحة الموجودة في رأس القائمة ويضيف الصفحة الجديدة إلي ذيل القائمة.

الصفحة الأقدم

A	→	B	→	C	→	D	→	E

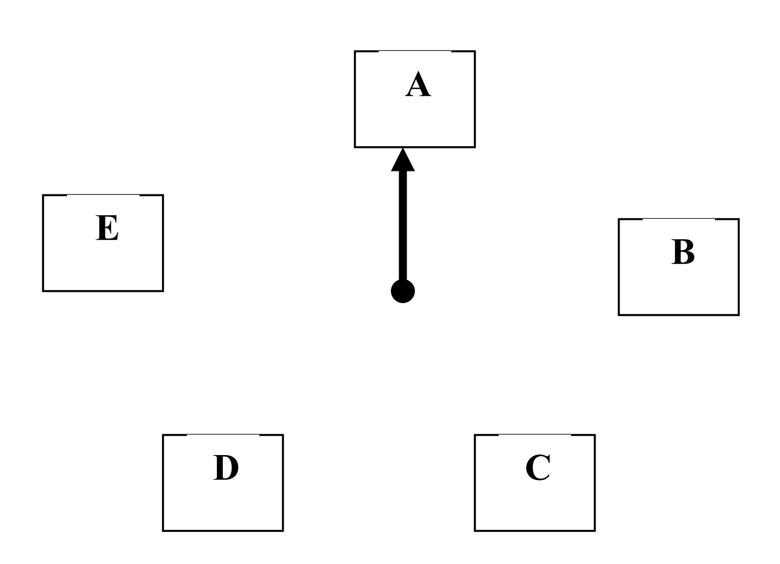
الصفحة الأحدث

٣) خوارزمية الساعة لاستبدال الصفحات

تتمثل فكرة هذه الخوارزمية بأن يكون هنالك مؤشر في كل صفحة يحمل أحدي القيمتين صفر وتشير إلي إن هذه هي الصفحة المراد أزالتها أو العكس اذا كانت تحمل القيمة واحد .
وينظم نظام التشغيل جميع الصفحات في قائمة دائرية في شكل ساعة ويشير عقرب الساعة إلي الصفحة الأقدم، وعند حدوث خطأ الصفحة يتم اختبار عقرب الساعة إذا كان يشير إلي صفحة مؤشرها يساوي صفر يقوم بأزالات هذه الصفحة ويوضع الصفحة الجديدة في مكان الصفحة التي تم إزالتها ويقدم عقرب الساعة إلي الصفحة التالية، أما إذا كان عقري الساعة يشير إلي صفحة مؤشرها لا يساوي صفر يقوم بتصفير مؤشر هذه الصفحة ثم يقدم عقرب الساعة إلي الصفحة التالية حتى الوصول إلي الصفحة التي يحمل مؤشرها القيمة صفر .

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

مثال



٤) خوارزمية أستبدال الصفحة الأقل أستخداماً مؤخراً
Least Recently Used LRU

بنيت فكرة هذه الخوارزمية علي أن الصفحات المستخدمة بكثرة في التعليمات القليلة السابقة ستستخدم بكثرة في التعليمات القليلة التالية ، وبهذا تكون الصفحات التي لم تـستخدم لفتـرة طويلة ستبقي كذلك لفترة طويلة علي الأغاب ، فعند حدوث خطأ الصفحة يقوم نظام التشغيل بأزالات الصفحة التي لم تستخدم لأطول فترة من الذاكرة .

وعلي الرغم من انه يمكن ان تحقق LRU نظرياً الا أنها تتطلب وجود قائمة خطية لكـل الصفحات في الذاكرة بحيث تكون الصفحة الأكثر أستخداماً مؤخراً موجـوده فـي الأمـام والصفحة الأقل أستخدام موجوده في الخاف ، وتحديث هذه القائمة عند كل أشارة الي الذاكرة تتطلب وقتاً لذاك فهي صعبه التحقيق .

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

وعندما يكون عدد الصفحات كبيراً يقوم نظام التشغيل بتنظيم مصفوفة N × N بت وتكون عناصرها تحمل القيمة صفر في البداية ، وعندما يتم الأشارة الـي الـصفحةK يقوم نظام التشغيل أولاً بجعل جميع عناصر الصف الذي يحمل الرقم K تساوي ١ ثم يجعل كل عناصر العمود الذي يحمل نفس القيمة تساوي صفر .

وفي أي لحظه يكون الصف ذو القيمة الثنائية الأدني هو الأقل أستخداما مؤخراً .

فمثلاً أذا كان لدينا ٤ صفحات وتم الأشارة اليها بالترتيب التالي ١٢٣٤٣٢١٤

وضح شكل المصفوفة بعد كل أشارة

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي   جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

1

	1	2	3	4
1	0	1	1	1
2	0	0	0	0
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0

2

	1	2	3	4
1	0	0	1	1
2	1	0	1	1
3	0	0	0	0
4	0	0	0	0

3

	1	2	3	4
1	0	0	0	1
2	1	0	0	1
3	1	1	0	1
4	0	0	0	0

4

	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	1	1	0	0
4	1	1	1	0

5

	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	1	0	0	0
3	1	1	0	1
4	1	1	0	0

6

	1	2	3	4
1	0	0	0	0
2	1	0	1	1
3	1	0	0	1
4	1	0	0	0

7

	1	2	3	4
1	0	1	1	1
2	0	0	1	1
3	0	0	0	1
4	0	0	0	0

8

	1	2	3	4
1	0	1	1	0
2	0	0	1	0
3	0	0	0	0
4	1	1	1	0

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي   جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨

٥) خوارزمية WSCLOCK لأستبدال الصفحة
WORKING SET CLOCK

تعتبر من الخوارزميات الأكثر أستخدماً من الناحية العملية لبساطه تحقيقها وأدائها الجيد ، وهي شبيه بخوارزمية الساعة .

تتمثل فكرة هذه الخوارزمية بأن يكون لكل صفحة بنية بيانات تتكون من حقلين حقل يمثل زمن أخر أستخدام للصفحة والحقل الأخر به مؤشر يحمل أحدي القيمتين صفر وتشير إلي إن هذه هي الصفحة المراد أزالتها أو العكس لذا كانت تحمل القيمة واحد .

وتوضع كل هذه البنيات في شكل دائرة بحيث تكون القائمة في البداية فارغه وعند تحميل الصفحة الأولي الي الذاكرة تضاف البنية الخاصه بها بحيث يكون حقل المؤشر دائماً في بداية تحميل أي صفحة يحمل القيمة ١ وعقرب الساعة يشير الي أول صفحة تم تحمليها الي الذاكرة .

وعند حدوث خطأ الصفحة يقوم نظام التشغيل بأختبار البنية التي تشير اليها عقرب الساعه فأذا كان المؤشر الموجود داخل هذه البنية يساوي ١ يقوم نظام التشغيل بتصفيره وينتقل عقرب الساعه الي البنية التالية .

أما اذا كان المؤشر يحمل القيمة صفر ينظر بعد ذلك الي حقل زمن أخر أستخدام فاذا كان الزمن الظاهري الحالي ناقصاً زمن أخر أستخدام (عمر الصفحه) أكبر من T ميلي ثانية سابقه يتم أزالت تلك الصفحه ووضع الصفحه الجديده في مكانها وتحريك عقرب الساعه الي الصفحه التالية .

أما اذا كان المؤشر يساوي صفر و الزمن الظاهري الحالي ناقصاً زمن أخر أستخدام أقل من أو يساوي T ميلي ثانية سابقة نحرك عقرب الساعه الي التاليه فأذا تم تحريك عقرب الساعه حتي أشارة الي نفس الصفحة أي انها قامت بدوره كامله هذا يعني أن كل الصفحات حديثه

الأستخدام وفي هذه الحاله يختار نظام التشغيل الصفحه ذات العمر الأكبر (أكبر قيمه لزمن الظاهري الحالي ناقصاً زمن أخر أستخدام) .

علماً بإن T تمثل مقياس لمعرفه أي الصفحات أقدم ويتم تحديدها مسبقاً

مثال

بنية الصفحه المراد أضافتها

2204 | 1

1

1620 | 0

1980 | 1

2020 | 1

1213 | 0

2014 | 1

2

1620 | 0

1980 | 1

2020 | 1

1213 | 0

2014 | 0

3

1620 | 0

1980 | 1

2020 | 1

2204 | 1

2014 | 0

أعداد :-

أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب

مارس ٢٠٠٨

المراجع باللغة الأنجليزية : -

- Operating system concepts, Silberschatz & Galvin, Fifth edition 1999
- MODERN OPERATING SYSTEMS
  by Andrew S. Tanenbaum

المراجع باللغة العربية : -

- نظم تشغيل الحاسبات، د.مهندس محمد احمد فكرين، دار المريخ ١٩٩٦م
- ج آرتشر هاريس (ترجمة أمين أيوبي) أنظمة تشغيل الحاسوب، أكاديمياً، بيروت ٢٠٠٢م.

أعداد :-
أ. الهادي سليمان الهادي جامعة النيلين - كلية علوم الحاسوب - قسم علوم الحاسوب
مارس ٢٠٠٨